

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 30/12/2017.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CENTRO DE AQUICULTURA**

**Avaliação das condições limnológicas e
fauna associada de um "wetland" construído
em efluente de aquicultura**

ALINE MARCARI MARQUES

Jaboticabal, SP

2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CENTRO DE AQUICULTURA

**Avaliação das condições limnológicas e
fauna associada de um "wetland" construído
em efluente de aquicultura**

Aline Marcari Marques

Orientadora: Prof^a Dra. Lúcia Helena Sipaúba Tavares

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura do Centro de Aquicultura da UNESP - CAUNESP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre.

Jaboticabal, SP

2016

Marques, Aline Marcari
M357a Avaliação das condições limnológicas e fauna associada de um
"wetland" construído em efluente de aquicultura / Aline Marcari
Marques. -- Jaboticabal, 2016
iii, 46 p. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Centro
de Aquicultura da Unesp, 2016
Orientadora: Lúcia Helena Sipaúba Tavares
Banca examinadora: Maria da Graça Gama Melão; Maria Stela
Maioli Castilho Noll
Bibliografia

1. Planta aquática. 2. Fauna associada. 3. Aquicultura. 4.
Tratamento biológico. 5. Efluente. I. Título. II. Jaboticabal-Centro de
Aquicultura da Unesp.

CDU 556.55

Dedico,

**Ao meu pai José e a minha mãe Dulce, as
pessoas mais importantes da minha vida
que sempre me deram força, incentivo e
exemplo de garra, dedicação e
competência.**

***“Todos os nossos sonhos podem se realizar se tivermos a coragem de
perseguí-los.” (Walt Disney)***

AGRADECIMENTOS

À Profa Lúcia Helena Sipaúba Tavares pela oportunidade, confiança, pelas conversas, pela grande ajuda e valiosos ensinamentos durante estes dois anos e meio de convivência. MUITÍSSIMO obrigada Professora pela possibilidade de realização e concretização de mais um sonho.

Aos amigos Rodrigo Ney Millan e a Fernanda Travaini de Lima por toda paciência, compartilhamento de informação e pela colaboração na realização das análises dos dados e nas análises estatísticas.

Ao Professor Antonio Sergio Ferraudó pelos ensinamentos, pela disposição e grande ajuda na realização e entendimento das análises estatísticas.

Aos meus companheiros de laboratório Iara C. Penariol, Bruno Scardoelli Truzzi, Taíse Florêncio, Lorena R. S. Peres, Juliane dos Santos Alves da Silva, Flávia, Érica, Ciça, e Fernanda o meu mais sincero obrigado pela grande ajuda durante a montagem e desenvolvimento de todo este trabalho, pelas conversas, debates, risadas e como deixar de lado o aprendizado em conjunto, pois cada um de vocês contribuiu para o meu crescimento pessoal e profissional.

A todos os funcionários do CAUNESP, que sempre me ajudaram, sendo extremamente solícitos e amigos. O meu mais sincero obrigado!

A minha amiga Cibele, que mesmo distante fisicamente, sempre foi muito presente. Suas palavras de ajuda, apoio e força sempre me motivaram a continuar em frente e a confiar mais em mim e em meu potencial.

A minha irmã, meus tios, tias e primos que sempre confiaram em mim e me incentivaram a alcançar todos os meus sonhos. Em especial agradeço as minhas tias Alexandrina e Élda que em todos os momentos que precisei me confortaram com sábias palavras de amor, carinho e incentivo! Todos vocês são um presente em minha vida, que eu não largo jamais!

Ao meu namorado Oswaldo J. A. Innocente, pela paciência, amor, gentileza, companheirismo e ajuda em todos os momentos de alegrias e, principalmente, dificuldades que passei na trilha deste sonho. Eu não poderia esperar atitudes melhores de você meu amor!

Aos maiores amores da minha, meu pai José e minha mãe Dulce, pois sem vocês isso nunca seria possível. Obrigada pelas conversas, pelo amor, pelo cuidado, pela amizade e pelas broncas! Vocês foram, são e sempre serão peças

fundamentais na minha vida! Obrigada por fazerem parte disso, obrigada pelo lindo, grandioso e valioso exemplo que são em minha vida!

APOIO FINANCEIRO

À FAPESP pela concessão do auxílio à pesquisa (Processo nº: 2014/24697-3) e da bolsa de mestrado (Processo nº: 2014/08186-9).

SUMÁRIO

	Pág.
Lista de figuras.....	I
Lista de tabelas.....	III
Resumo.....	1
Abstract.....	2
1. Introdução geral.....	3
2. Estudos de efluentes da fazenda de aquicultura do Caunesp.....	6
3. Fauna associada à <i>Eichhornia crassipes</i>	12
4. Objetivos.....	13
5. Referências bibliográficas.....	14
Capítulo I – Condições limnológicas e fauna associada à <i>Eichhornia crassipes</i> em um “wetlad” de uma fazenda de aquicultura.....	19
Resumo.....	20
Abstract.....	21
1. Introdução.....	22
2. Material e métodos.....	23
2.1. Área de estudo e implantação do “wetland”.....	23
2.2. Fauna associada à <i>Eichhornia crassipes</i>	25
2.3. Água e sedimento.....	25
2.4. Plantas.....	26
2.5. Fatores Climatológicos.....	27
2.6. Forma de análise dos dados.....	27
3. Resultados.....	28
4. Discussão.....	39
5. Conclusão.....	42
6. Referências bibliográficas.....	42

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Imagem de satélite (Google Earth); **A.** Conjunto de viveiros e tanques do CAUNESP; **B.** Vista aproximada dos locais de estudo com “wetlands” em 1992 a 1999 (branco) e a partir de 2000 (vermelho). Linhas tracejadas indicam o efluente que alcança cada um dos canais7

Figura 2. Sistema de entrada de água no CAUNESP. **A.** Conjunto de nascentes escoado para caixa de concreto; **B.** Viveiro 1 dominado por macrófitas. Seta vermelha indica saída de água do primeiro viveiro para o próximo viveiro. Imagens cedidas por: Profa Dra Lúcia Helena Sipaúba Tavares.8

Figura 3. Vista do “wetland” no período de 1992 a 1999. **A.** e **B.** Evolução do “wetland” durante o ano de 1992; **C.** e **D.** Evolução do “wetland” em 1994/1999. Imagens cedidas por: Profa Dra Lúcia Helena Sipaúba Tavares.9

Figura 4. Vista parcial do canal a partir de 2000, onde **EA** = Entrada de água da fazenda de aquicultura; **EC** = Entrada de água pluvial; **EB** = Entrada de resíduos dos biodigestores.....10

Figura 5. Procedimento de instalação do “wetland”. **A.** remoção do sedimento e material orgânico depositado; **B.** telas galvanizadas instaladas; **C.** “Wetland” alagado; **D.** “Wetland” com *Eichhornia crassipes*..11

Figura 6. Procedimento de coleta da *Eichhornia crassipes* para amostragem da fauna associada. **A.** Uso de quadrante flutuante de 0,09 m²; **B.** Coleta manual de macrófitas por quadrante; **C.** Macrófitas armazenadas em baldes no transporte para o laboratório.....12

Figura 7. Procedimento, em laboratório, de lavagem das macrófitas. **A.** Lavagem das macrófitas de modo seqüencial até retirada completa do sedimento do rizoma; **B.** Amostras de água após a lavagem; **C.** Amostra sendo peneirada; **D.** Coleta manual de macroinvertebrados; **E.** Passagem

das amostras em rede com abertura de malha de 25 μm ; **F.** Redução das amostras de água para posterior fixação e armazenamento.13

Figura 8. Desenho esquemático do sistema de “wetland” construído, onde **A, B e C:** entradas de água provenientes da aquicultura, efluente de UASB (biodigestores) e escoamento de chuva, respectivamente; **E:** ponto de coleta antes do banco de *Eichhornia crassipes* (Entrada); **M:** ponto de coleta no meio do banco de *E. crassipes*..... 24

Figura 9. Variação mensal da precipitação e da temperatura na região em que se localiza o “wetland” durante o período experimental.28

Figura 10. Gráfico biplot formado pelos dois primeiros componentes principais construídos com as variáveis ortofosfato (Orto-P); fósforo total (P-total); sólidos totais dissolvidos (STD); clorofila-a (Clo-a); demanda bioquímica de oxigênio (DBO_5); amônia (NH_4); turbidez (Turb); sólidos totais solúveis (STS); temperatura (Temp); pH; coliformes termotolerantes (CT); nitrito (NO_2); nitrato (NO_3); alcalinidade (Alc); condutividade (Cond) e oxigênio dissolvido (OD) mensuradas nos pontos de coleta antes do banco de *E. crassipes* 1ª etapa (E1); no meio do banco de *E. crassipes* 1ª etapa (M1); antes do banco de *E. crassipes* 2ª etapa (E2); no meio do banco de *E. crassipes* 2ª etapa (M2).29

Figura 11. Gráfico biplot formado pelos dois primeiros componentes principais construídos com os nutrientes de composição: MO; P; K; Ca; Mg; B; Cu; Fe; Mn; Zn; Al; N, e pH mensuradas nos pontos de coleta antes do banco de *Eichhornia crassipes* 1ª etapa (E1); no meio do banco de *E. crassipes* 1ª etapa (M1); antes do banco de *E. crassipes* 2ª etapa (E2); no meio do banco de *E. crassipes* 2ª etapa (M2).....31

Figura 12. Abundância relativa (%) da fauna associada à raiz da *Eichhornia crassipes* mantida em sistema de “wetland” construído durante duas etapas de crescimento da macrófita, sendo que Outros = Nematoda, Mollusca e Platyhelminthes. O tempo em dias foi considerado a partir do momento em que a *E. crassipes* foi colocada no “wetland”, sendo que o dia 1 a macrófita não apresentava fauna associada a sua raiz.....37

LISTA DE TABELAS

Pág.

Tabela 1. Correlação entre as variáveis originais de qualidade de água e as componentes principais (CP)	30
Tabela 2. Correlação entre as variáveis originais do sedimento e as componentes principais (CP)	31
Tabela 3. Biomassa, médias e desvio-padrão do comprimento do rizoma de <i>Eichhornia crassipes</i> durante as duas etapas de crescimento.....	32
Tabela 4 Acúmulo (mgPS m ⁻²) dos macro e micronutrientes em <i>Eichhornia crassipes</i> durante cada etapa de crescimento	33
Tabela 5. Composição e frequência da fauna associada à raiz da <i>Eichhornia crassipes</i> em um “wetland” construído. + = presença; - = ausência; A = abundante; D = dominante	34
Tabela 6. Análises quantitativas dos taxa de fauna associada: densidade (org. m ⁻²), riqueza, índice de Shannon–Wiener (H´) na coletas realizadas nas duas etapas de crescimento da <i>E. crassipes</i> , sendo Outros = Nematoda, Mollusca e Platyhelminthes	38

RESUMO

As plantas aquáticas são componente importante de um “wetland” construído utilizado para tratamento de efluentes de aquicultura, devido a sua habilidade de absorver nutrientes da água. Estas macrófitas possibilitam melhores condições para microrganismos aquáticos que auxiliam na melhora da qualidade de água. O presente estudo objetivou avaliar o crescimento, a composição química e a fauna associada à *Eichhornia crassipes*, e as condições físicas e químicas da água e sedimento em um “wetland” (21°11’S; 48°18’O) de uma fazenda de aquicultura, em duas etapas de crescimento da macrófita (Fevereiro à Maio e Julho à Outubro de 2014). A fauna associada a *E. crassipes* foi amostrada com quadrantes flutuantes (0,09m²); as macrófitas foram lavadas e o plâncton e macrofauna foram fixadas com formalina a 4%; as espécimes foram identificadas e contadas. Diptera, Odonata, Rotifera, Copepoda, Protozoa, Ostracoda and Nematoda estiveram presentes em todas as coletas nas duas etapas de crescimento da *E. crassipes*. *Vorticella* sp. foi o gênero dominante nas duas etapas, sendo que Protozoa e Rotifera apresentaram maior abundância. A 1ª etapa de crescimento apresentou maiores valores de nitrogênio e fósforo na água e a 2ª etapa a maior retenção de nutrientes no sedimento antes do banco de aguapé. De acordo com os resultados obtidos foi possível comprovar que o tempo máximo que a *E. crassipes* deve ser mantida no “wetland” para retenção dos resíduos provenientes da aquicultura é de 60 dias, sendo necessária a retirada total após este período. O aumento da diversidade e da riqueza de espécies foram acompanhados com o crescimento da biomassa do aguapé no período de menor precipitação, mas não houve relação com a qualidade de água e de sedimento. O papel da macrófita é importante para manter a alta diversidade de organismos, mas também para manter qualidade da água do efluente devido a acumulação de nutrientes na biomassa vegetal.

Palavras chave: planta aquática, fauna associada, aquicultura, tratamento biológico, efluente

ABSTRACT

The aquatic plants are a relevant component of a constructed wetland for the treatment of aquaculture effluents due to their capacity in absorbing nutrients from water. The macrophytes provide better conditions for aquatic microorganisms to improve water quality. Current research evaluated the growth, chemicals composition and fauna associated with *Eichhornia crassipes*, the physical and chemical conditions of water, and sediment within the system for effluent treatment on an aquaculture farm (21°11'S; 48°18'W) at two growth periods of aquatic plant growth (February to May and July to October 2014). Fauna associated to *E. crassipes* were sampled with floating quadrants (0.09 m²); the macrophytes were washed and the plankton and macrofauna were fixed with 4% formalin; the specimens were then identified and counted. Diptera, Odonata, Rotifera, Copepoda, Protozoa, Ostracoda and Nematoda occurred at all collections in both periods of *E. crassipes* growth. *Vorticella* sp. was the predominant genus in the two periods; Protozoa and Rotifera species were the most abundant. The first period of growth revealed higher nitrogen and phosphorus rates in the water, whilst in the second period there was a greater nutrient retention in the sediment in front of the stand of macrophyte. Results showed that 60 days is the maximum time that *E. crassipes* may be maintained in the wetland to retain wastes from aquaculture; after this period biomass and the accumulation of nutrients in the vegetal tissue decreased. Total removal is mandatory after this period. Increased diversity and species richness followed the growth of biomass of aquatic plant in period of low rainfall, but with no relationship with water quality and sediment. The role of macrophytes is important for maintaining high diversity of organisms, but also to maintaining desirable water-effluent quality due to the accumulation of nutrients in the vegetal biomass.

Keywords: aquatic plant, associated fauna, aquaculture, biological treatment, effluent

1. INTRODUÇÃO GERAL

A aquicultura é uma atividade de produção de organismos aquáticos, tais como peixes, camarões, rãs e algas (SIDONIO et al., 2012), extremamente dependente das condições da água, mas causadora de impacto ambiental (CYRINO et al., 2010; AMÉRICO et al., 2013) devido à descarga de elevadas concentrações de nitrogênio e fósforo, eutrofizando os corpos de água doce, com consequente aumento da biomassa fitoplanctônica, produtividade e do consumo de oxigênio (ZHOU et al., 2011).

Em piscicultura, o excesso de nutrientes (nitrogênio e fósforo) advém principalmente do arraçoamento e da fertilização excessiva (SIPAÚBA-TAVARES et al., 2010). Da ração administrada aos peixes, parte é ingerida e absorvida, outra parte é mineralizada por meio de processos metabólicos e grande parte não é consumida e, conseqüentemente, torna-se resíduo (CYRINO et al., 2010; SIPAÚBA-TAVARES, 2013). A fertilização é utilizada em tanques e viveiros com a finalidade de aumentar a biomassa fitoplanctônica, para servir de alimento aos organismos aquáticos (SIPAÚBA-TAVARES et al., 2010).

O processo de eutrofização dos efluentes dos sistemas de aquicultura e dos corpos hídricos adjacentes é intensificado com o crescimento da produção de pescados em função do acúmulo da carga orgânica e inorgânica provenientes dos sistemas de criação de organismos aquáticos (ROCHA et al., 2013; SIPAÚBA-TAVARES, 2013).

O tratamento de efluentes em aquicultura promove redução do impacto desta atividade (SIPAÚBA-TAVARES et al., 2002; HENRY-SILVA e CAMARGO, 2008), mantendo o funcionamento do ecossistema aquático e possibilitando o reuso para diversas atividades (SRIVASTAVA et al., 2008). A redução dos resíduos gerados a partir das atividades de aquicultura será cada vez mais importante à medida que as normas ambientais se tornam mais rigorosas, sendo indispensável o uso de tecnologias para o manejo de resíduos, de modo a manter a legalidade, a rentabilidade e a sustentabilidade de qualquer empreendimento (HENRY-SILVA e CAMARGO, 2008).

Uma alternativa segura, aplicável, de baixo custo de construção e manutenção, e de sucesso para o tratamento de diferentes efluentes aquícolas,

com flexibilidade do local a ser implantado, controle das vias hidráulicas e do tempo de retenção são os “wetlands” (KUMAR e ZHAO, 2011; VYMAZAL, 2014).

“Wetlands” caracterizam-se por apresentar solos encharcados, plantas adaptadas e capacidade de redução ou remoção de diferentes componentes na água (SIPAÚBA-TAVARES, 2013). “Wetland” construído é uma biotecnologia para o tratamento de águas residuais, que utiliza processos naturais envolvendo: vegetação aquática, solo e microrganismos associados (VYMAZAL, 2014). Os processos que ocorrem neste sistema de tratamento são, por exemplo, a sedimentação, a precipitação, a adsorção, a assimilação pelos tecidos das plantas e a transformações microbianas (VYMAZAL, 2010; KUMAR e ZHAO, 2011; ZHANG et al., 2015).

Dentre os vários tipos de “wetlands” construídos, os que apresentam fluxo superficial livre, caracterizados pela presença de uma lâmina de água sobre o solo com plantas enraizadas ou não (PIO et al., 2013), são eficazes em restaurações ecológicas de rios poluídos (ZHANG et al., 2015). Estes sistemas possibilitam maiores taxas de remoção de nutrientes do que em locais com apenas solo filtrante, porém ambos apresentam capacidade de melhorar a água residual em fazendas de aquicultura (MILLAN et al., 2014).

As plantas aquáticas nestes sistemas de tratamento removem, em função da capacidade que apresentam em reter em sua biomassa, excessiva carga de nutrientes da água, agindo como armadilhas para a matéria particulada, absorvendo íons minerais e influenciando a retenção de metais. As plantas aquáticas favorecem a sedimentação, retardam o fluxo de água e reduzem a ressuspensão do sedimento (SRIVASTAVA et al., 2008).

Uma variedade de plantas aquáticas pode ser utilizada em sistemas de tratamento de água, dentre elas é possível destacar a *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms, popularmente conhecida como aguapé, que é uma macrófita de forma biológica flutuante que apresenta grande potencial para fitorremediação em ambientes eutrofizados (PALMA-SILVA et al., 2012). Pode crescer em diferentes tipos de ambientes úmidos, tais como lagos, córregos, lagoas, rios e áreas de remanso (AKHTER, 2013). Esta macrófita tem ganhado grande importância em função da elevada capacidade de retenção de nutrientes de ambientes aquáticos eutrofizados, acumulando-os em sua biomassa e metabolizando-os para seu crescimento e proliferação (REZANIA et al., 2015).

Para manter o potencial de absorção das macrófitas aquáticas é necessária a realização de manejo periodicamente com a finalidade de manter a densidade ótima no local, visto que o crescimento e a concentração de nutrientes no tecido vegetal são fatores limitantes do potencial de absorção destas plantas aquáticas (VYMAZAL, 2007). As plantas aquáticas, além de possibilitar a aceleração da ciclagem de nutrientes e influenciar na química da água, atuam como substrato para o estabelecimento de algas e ainda sustentam cadeias alimentares e de detritos (POMPÊO, 2008), sendo que o rizoma é o local de interação das plantas flutuantes, microrganismos, solos, poluentes e os processos físico-químicos e biológicos (AKINBILE e YUSOFF, 2012).

As plantas aquáticas possibilitam a estruturação de microhabitats para diversos microrganismos, tais como zooplâncton, micro e macroinvertebrados e peixes, podendo influenciar as relações existentes entre as espécies que ali habitam (THOMAZ e CUNHA, 2010; ROCHA et al., 2012), e oferecer abrigo e melhores condições de oxigênio e alimento (OHTAKA et al., 2011). O alimento fornecido pelas macrófitas é caracterizado como um importante recurso alimentar, podendo ser alimento vivo (para herbivoria) e matéria orgânica morta para animais detritívoros (THOMAZ e CUNHA, 2010).

A maior biomassa de macrófitas promove maior complexidade estrutural de microhabitats, o que possibilita maiores oportunidades para o zooplâncton explorar os recursos, aumentando sua diversidade. As macrófitas do tipo livre flutuantes e submersas são de grande importância para sustentar elevada abundância da população de zooplâncton, com predominância de espécies epifíticas, tais como: *Lecane sp.*, *Monostyla sp.* e *Trichocerca sp.* (CHOI et al., 2014).

Sipaúba-Tavares e Dias (2014) relataram que associado às macrófitas aquáticas *Eichhornia azurea* e *Salvinia auriculata*, de reservatório de abastecimento em uma fazenda de aquicultura, ocorreu a presença de Rotifera, Cladocera, Protozoa, Copepoda, Insecta, Ostracoda e Oligochaeta, sendo este último comumente encontrado associado às macrófitas. Com relação ao fitoplâncton, Zygnematophyceae, Chlorophyceae, Bacillariophyceae, Cyanobacteria, Oedogoniophyceae e Microsporaceae estiveram correlacionadas com a biomassa das plantas aquáticas.

O controle das macrófitas sobre a comunidade de fitoplâncton pode ser realizado pela competição direta por nutrientes, e pela disponibilização de habitats para invertebrados (SAYDER et al., 2010), podendo conseqüentemente, afetar o zooplâncton e os macroinvertebrados, interferindo em níveis tróficos superiores (CHOI et al., 2014). Alguns outros fatores podem afetar a densidade de organismos associados às macrófitas, tais como diversidade de plantas aquáticas e espécie de planta dominante, possibilitando maior abundância e número de espécies zooplanctônicas (CHOI et al., 2014). A acidez da água e a produtividade primária podem determinar a distribuição e a abundância de animais sésseis (OHTAKA et al., 2014). O aumento da cobertura vegetal pode afetar negativamente a diversidade de invertebrados associados, devido à competição por oxigênio dissolvido e também em função da qualidade da água (NGUYEN et al., 2015), possibilitando o aumento na diversidade de invertebrados nas bordas do banco de macrófitas (VILLAMAGNA e MURPHY, 2010).

Os diferentes microrganismos associados às plantas apresentam um papel de grande importância em “wetlands” para a transformação e mineralização de nutrientes (STOTTMEISTER et al., 2003), visto que estes microrganismos alimentam-se de diferentes componentes dos resíduos provenientes dos sistemas de criação de organismos aquáticos, metabolizando a matéria orgânica e oxidando amônia a nitrato pelas bactérias, funcionando como agente despoluidor ou mesmo como um competidor primário, principalmente na ocorrência de florescimento de algas (OLSON et al., 1998; CALHEIROS et al., 2007).

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKINBILE, C. O.; YUSOFF, M. S. Assessing water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) and lettuce (*Pistia stratiotes*) effectiveness in aquaculture wastewater treatment. *International Journal of Phytoremediation*, v.14, n.3, pp. 201-211, 2012.
- AKHTER, A. F. M. S. Performance assessment of macrophyte stabilization pond – a case study of eight parameters. *International Journal of Scientific and Research Publications*, v. 3, n. 6, 2013.
- AMÉRICO, H. P.; HORTENSE TORRES, J.; APARECIDA MACHADO, A.; LUÍS DE CARVALHO, S. Piscicultura em tanques-rede: impactos e consequências na qualidade da água. *Revista Científica ANAP Brasil*. v. 6, n. 7, 2013.
- CALHEIROS, C. S. C.; RANGEL, A. O. S. S.; CASTRO, P. M. L. Constructed wetland systems vegetated with different plants applied to the treatment of tannery wastewater. *Water Research*. v. 41, n. 8, pp. 1790–1798, 2007.
- CHOI, J. Y.; JEONG, K. S.; KIMA, S. K.; LA, G. H.; CHANG, K. H.; JOO, G. J. Role of macrophytes as microhabitats for zooplankton community in lentic freshwater ecosystems of South Korea. *Ecological Informatics*. v. 24, pp. 177–185, 2014.
- CYRINO, J. E. P.; BICUDO, A. J. A.; SADO, R. Y.; BORGHESI, R.; DAIRIKI, J. K. A piscicultura e o ambiente – o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 39, pp. 68-87, 2010.
- HENRY-SILVA, G. G.; CAMARGO, A. F. M. Impacto das atividades de aqüicultura e sistemas de tratamento de efluentes com macrófitas aquáticas – relato de caso. *B. Inst. Pesca*, v. 34, n. 1, pp. 163-173, 2008.

- KUMAR, J. L. G.; ZHAO, Y. Q. A review on numerous modeling approaches for effective, economical and ecological treatment wetlands. *Journal of environmental management*, v. 92, n. 3, pp. 400-406, 2011.
- MILLAN, R. N. SIPAÚBA-TAVARES, L. H. TRAVAINI-LIMA, F. Influence of constructed wetland and soil filter systems in the dynamics of phytoplankton functional groups of two subtropical fish farm wastewaters. *Journal of Water Resource and Protection*, v. 6, pp. 8-15, 2014.
- NGUYEN, T. H. T.; BOETS, P.; LOCK, K.; AMBARITA, M.N. D.; FORIO, M. A. E.; SASHA, P.; DOMINGUEZ-GRANDA, L. E.; HOANG, T. H. T.; EVERAERT, G.; GOETHALS, P. L. M. Habitat suitability of the invasive water hyacinth and its relation to water quality and macroinvertebrate diversity in a tropical reservoir. *Limnologica*, v. 52, pp. 67–74, 2015.
- OHTAKA, A.; NARITA, T.; KAMIYA, T.; KATAKURA, H.; ARAKI, Y.; IM, S.; CHHAY, R.; TSUKAWAKI, S. Composition of aquatic invertebrates associated with macrophytes in Lake Tonle Sap, Cambodia. *Limnology*, v. 12, pp. 137–144, 2011.
- OHTAKA, A.; UENISHI, M.; WULANDARI, L.; LIWAT, Y.; GUMIRI, S.; NAGASAKA, M.; FUKUHARA, H. Structure and abundance of “interrhizon” invertebrates in an oxbow lake in the peat swamp area of Central Kalimantan, Indonesia. *Limnology*, v. 15, n. 2, pp. 191-197, 2014
- OLSON, D. M.; CHERNOFF, B.; BURGESS, G.; DAVIDSON, I.; CANEVARI, P.; DINERSTEIN, E.; CASTRO, G.; MORISSET, V.; ABELL, R.; TOLEDO, E. Freshwater biodiversity of Latin America and the Caribbean: A conservation assessment. *WWF-US, Wetlands International, Biodiversity Support Program, and USAID*, Washington, DC, USA, 1998.
- PALMA-SILVA, C.; ALBERTONI, E. F.; TRINDADE, C. R. T.; FURLANETTO, L. M.; ACOSTA, M. C. Uso de *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms para fitorremediação de ambientes eutrofizados subtropicais no sul do Brasil. *Perspectiva*, v. 36, n. 133, pp. 73-81, 2012.
- PIO, M. C. S.; ANTONY, L. P.; SANTANA, G. P. “wetlands” Construídas (Terras Alagadas): Conceitos, Tipos e perspectivas para remoção de metais potencialmente tóxicos de água contaminada: Uma Revisão. *Scientia Amazonia*, v. 2, n. 1, pp. 28-40, 2013.

- POMPÊO, M. Monitoramento e manejo de macrófitas aquáticas. *Oecologica Brasiliensis*, v. 12, n. 3, pp. 406-424, 2008.
- REZANIA, S.; PONRAJ, M.; TALAIEKHOZANI, A.; MOHAMAD, S. E.; DIN, M. F. M.; TAIB, S. M.; SABBAGH, F.; SAIRAN, F. M. Review: Perspectives of phytoremediation using water hyacinth for removal of heavy metals, organic and inorganic pollutants in wastewater. *Journal of Environmental Management*, v. 163, pp. 125:133, 2015.
- ROCHA, C. M. C.; ALVES, A. E. CARDOSO, A. S. CUNHA, M. C. C. Macrófitas aquáticas como parâmetro no monitoramento ambiental da qualidade da água. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 5, n. 4, 2012.
- ROCHA, C. M. C.; RESENDE, E. K. D.; ROUTLEDGE, E. A. B.; LUNDSTEDT, L. M. Avanços na pesquisa e no desenvolvimento da aquicultura brasileira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 48, n. 8, pp. 4-6, 2013.
- SAYDER, C.D.; DAVIDSON, T. A.; JONES, J.I. Seasonal dynamics of macrophytes and phytoplankton in shallow lakes: a eutrophication-driven pathway from plants to plankton? *Freshwater Biology*, v. 55, n. 2, pp. 500-513, 2010.
- SIDONIO, L.; CAVALCANTI, I.; CAPANEMA, L.; MORCH, R.; MAGALHÃES, G.; LIMA, J. BURNS, V.; JÚNIOR, A. J. A.; MUNGIOLI, R. Panorama da aquicultura no Brasil: desafios e oportunidades. *BNDES Setorial*, v. 35, pp. 421-463, 2012.
- SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; FÁVERO, E. G. P.; BRAGA, F. M. S. Utilization of macrophyte biofilter in effluent from aquiculture:I. Floating plant. *Braz. J. Biol.*, v. 62, n. 4A, p. 713-723, 2002. *Brazilian Journal of Biology*, v. 68, n. 1, pp. 77-86, 2002.
- SIPAÚBA-TAVARES, L.H.; FERNANDES DE BARROS, A.; BRAGA, F. M.D.S. Effect of floating macrophyte cover on the water quality in fishpond. *Acta Scientiarum-Biological Sciences*, v. 25, n. 1, pp101-106, 2003.
- SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; BRAGA, F. M. D. S. Constructed wetland in wastewater treatment. *Acta Scientiarum: Biological Sciences*, v. 30, n. 3, pp. 261-265, 2008.

- SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; LOURENÇO, E. M.; BRAGA, F. M. S. Water quality in six sequentially disposed fishponds with continuous water flow. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, v. 32, n. 1, pp. 9-15, 2010.
- SIPAÚBA-TAVARES, L. H. Uso racional da água em aquicultura. Gráfica M. L. Brandel – ME, Jaboticabal, pp. 1-190, 2013.
- SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; DIAS, S. G. Water quality and communities associated with macrophytes in a shallow water-supply reservoir on an aquaculture farm. *Brazilian Journal of Biology*, v. 74, n. 2, pp. 420-428, 2014.
- SRIVASTAVA, J.; GUPTA, A.; CHANDRA, H. Managing water quality with aquatic macrophytes. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, v. 7, n. 3, pp. 255-266, 2008.
- STOTTMEISTER, U.; WIEBNER, A.; KUSCHK, P.; KAPPELMEYER, U.; KASTNER, M.; BEDERSKI, O.; MÜLLER, A. R.; MOORMANN, H. Effects of plants and microorganisms in constructed wetlands for wastewater treatment. *Biotechnology Advances*, v. 22, pp. 93–117, 2003.
- THOMAZ, S. M.; CUNHA, E. R. The role of macrophytes in habitat structuring in aquatic ecosystems: methods of measurement, causes and consequences on animal assemblages composition and biodiversity. *Acta Limnologica Brasiliensia*. v. 22, n. 2, pp. 218-236, 2010.
- TRAVAINI-LIMA, F.; DA VEIGA, M. A. M. S.; SIPAÚBA-TAVARES, L. H. Constructed Wetland for Treating Effluent from Subtropical Aquaculture Farm. *Water, Air, & Soil Pollution*, v. 226, n. 3, p. 1-10, 2015.
- VILLAMAGNA, A. M.; MURPHY, B. R. Ecological and socio-economic impacts of invasive water hyacinth (*Eichhornia crassipes*): a review. *Freshwater Biology*, v. 55, pp. 282–298, 2010.
- VYMAZAL, JAN. Removal of nutrients in various types of constructed wetlands. *Science of the Total Environment*. v. 380, pp. 48–65, 2007.
- VYMAZAL, JAN. Constructed wetlands for wastewater treatment. *Water*, v. 2, pp. 530-549, 2010.
- VYMAZAL, JAN. Constructed wetlands for treatment of industrial wastewaters: A review. *Ecological Engineering*. v. 73, pp. 724–751, 2014.
- ZHANG, D. Q.; JINADASA, K. B. S. N.; GERSBERG, R. M.; LIU, Y.; TAN, S. K.; NG, W. J. Application of constructed wetlands for wastewater treatment in

tropical and subtropical regions (2000–2013). *Journal of Environmental sciences*, v. 30, pp. 30-46, 2015.

ZHOU, H. D.; JIANG, C. L.; ZHU, L. Q.; WANG, X. W.; HU, X. Q.; CHENG, J. Y.; XIE, M. H. Impact of pond and fence aquaculture on reservoir environment. *Water Science and Engineering*, v. 4, n. 1, pp. 92-100, 2011.